



15 2
JCS11 U.S. PTO
09/534196
03/24/00

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 09 MARS 2000

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30

THIS PAGE BLANK (USPTO)

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES **25 Mars 99**
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL **99 03742**
DÉPARTEMENT DE DÉPÔT **75**
DATE DE DÉPÔT **25 MARS 1999**

1 **NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE**

**CABINET ORES
6, Avenue de Messine
75008 PARIS
FRANCE**

2 **DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle**

☒ brevet d'invention

☐ demande divisionnaire

☐ certificat d'utilité

☐ transformation d'une demande
de brevet européen

☐ demande initiale

☐ brevet d'invention

☐ certificat d'utilité n°

date

n° du pouvoir permanent références du correspondant
PJndF278/79FR

téléphone

Établissement du rapport de recherche

☐ différé

☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

☐ oui

☐ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

**TUYERE DE MOTEUR FUSEE COMPORTANT UN SYSTEME DE CONTROLE
DE SEPARATION DE JET.**

3 **DEMANDEUR (S)** n° SIREN

code APE-NAF

Norm et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

**Organisation Intergouvernementale dite :
AGENCE SPATIALE EUROPEENNE**

Forme juridique

Nationalité (s)

Française

Adresse (s) complète (s)

**8-10, rue Mario-Nikis
75738 PARIS CEDEX 15
FRANCE**

Pays

FRANCE

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐

4 **INVENTEUR (S)** Les inventeurs sont les demandeurs

☐ oui

☒ non

Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 **RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES**

☐ requise pour la 1ère fois

☐ requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 **DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE**

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

7 **DIVISIONS**

antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 **SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE**

(nom et qualité du signataire)

**Philippe JACQUARD
(N° 92-4024)**

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DEPARTEMENT DES BREVETS

PJndF278/79FR

26bis, rue de Saint-Petersbourg

75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

99 03742

TITRE DE L'INVENTION :

**TUYERE DE MOTEUR FUSEE COMPORTANT UN SYSTEME DE CONTROLE
DE SEPARATION DE JET.**

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

**JACQUARD Philippe
CABINET ORES
6, Avenue de Messine
75008 PARIS
FRANCE**


DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

**DUJARRIC Christian François Michel
52, rue Michel Ange
75016 PARIS
FRANCE**

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) ~~du ou des demandeur(s)~~ ou du mandataire

Paris, le 6 Avril 1999


**JACQUARD Philippe
(N° 92-4024)**

TUYERE DE MOTEUR FUSEE COMPORTANT UN SYSTEME DE CONTROLE DE SEPARATION DE JET.

La présente invention a pour objet une tuyère de moteur fusée, présentant un système de contrôle de
5 séparation de jet, par exemple un dispositif d'injection de fluide à travers une paroi de la tuyère, pour induire une séparation de jet dans les gaz éjectés par la tuyère.

Un point important de la conception d'un lanceur est l'optimisation des performances de ses
10 moteurs. En particulier, la tuyère doit être conçue pour fournir un coefficient de poussée maximum compatible avec les limites imposées par les autres contraintes.

Le coefficient de poussée C d'une tuyère est une fonction croissance du rapport entre la section A_e de
15 sortie de la tuyère et la section A_t du col de la tuyère.

Pour un étage supérieur, qui est mise à feu à l'extérieur de l'atmosphère, la pression statique du jet à la sortie de la tuyère peut être très faible. Le rapport de section $R = A_e/A_t$ de la tuyère est dans ce cas
20 essentiellement limité par l'espace disponible.

Par contre, lorsque la tuyère fonctionne dans l'atmosphère, les gaz qui sortent de la tuyère ne peuvent se détendre en dessous d'une pression limite P_{sep} , à laquelle il se produit spontanément une séparation de
25 flux dans la tuyère.

Cette séparation de jet est naturellement instable et génère des forces aérodynamiques importantes au moment de la mise à feu et pendant le vol atmosphérique initial, ce qui peut même conduire à la
30 destruction de la tuyère si la séparation de jet est trop importante.

En ce qui concerne les moteurs qui sont conçus pour fonctionner depuis le sol et pour accomplir la majeure partie de leur mission en dehors de l'atmosphère, la détermination du rapport A_e/A_t représente un compromis
5 difficile.

De nombreux dispositifs ont été proposés pour contrôler la séparation de jet dans les tuyères.

Le point sur la question a été fait en particulier dans l'article intitulé Advanced Rocket
10 Nozzles de Gerald Hagemann et al. publié dans le Journal of Propulsion and Power, vol. 14 n° 5, Septembre-Octobre 1998, pages 620 à 634.

Il s'agit en particulier des tuyères à double divergences « (Dual-bell) », des tuyères avec des inserts
15 fixes ou temporaires, des tuyères à deux positions ou extensibles, des tuyères à détente externe, des tuyères dites à expansion-déflexion, des tuyères présentant une surface de col variable, et enfin des tuyères à double mode.

20 Le contrôle de la séparation de jet dans une tuyère à l'aide d'injection secondaire de gaz a également été proposé, mais cette injection secondaire a pour effet de préserver une symétrie axiale de l'écoulement. Cette technique est rappelée au point 4, pages 626 de l'article
25 précité.

Des expériences réalisées sur un moteur de type RL10 et mettant en oeuvre une injection passive sont décrites dans l'article intitulé « Altitude Compensating
30 Nozzle Evaluation » de R. C. PARSLEY et al. publié dans les compte-rendus du 28th Joint Propulsion Conference and Exhibit, 6 au 8 Juillet 1992, Nashville, Tennessee, pages 1 à 6.

Enfin, le brevet américain US 3 925 982 (Martin Marietta Corporation) décrit un moteur fusée présentant un rapport de surface de tuyères élevé et qui est équipé d'un dispositif d'injection secondaire active
5 présentant un anneau générateur de choc qui est destiné à contrôler la séparation de jet, en forçant la couche limite du jet primaire de gaz à se séparer de manière uniforme de la paroi de la tuyère.

Ceci est obtenu à l'aide d'un grand nombre de
10 points d'injection qui sont répartis autour de la circonférence de la tuyère. Ces points d'injection sont rapprochés les uns des autres, et ils injectent radialement vers l'intérieur de la tuyère un jet de gaz secondaire pour réaliser une séparation de jet invariante
15 selon toute rotation autour de l'axe de la tuyère.

Alternativement, cette séparation de jet peut être obtenue par une fente continue s'étendant sur toute la circonférence de la tuyère.

La théorie de la séparation de jet a été
20 rappelée dans le récent article de G.L. ROMINE intitulé « Nozzle flow Separation » publié dans l'AIAA Journal, vol. 36, n° 9, Sept. 1998, p. 1618-1625.

La théorie de l'injection secondaire a été exposée dans l'article intitulé « Some aspects of gaseous
25 secondary injection with application to thrust vector control » de R.D. GUHSE et al. publié dans le compte-rendu n° 71-750 de l'AIAA/SAE 7th Propulsion Joint Specialist Conference de Salt Lake City, 14-18 Juin 1971, pages 1 à 8.

30 Les techniques connues d'injection secondaire, qui impliquent une séparation de jet présentant une symétrie axiale, c'est-à-dire invariante autour de toute

rotation autour de l'axe de la tuyère, présentent les problèmes suivants :

- l'injection secondaire active est difficile à mettre en oeuvre étant donné que le flux massique qui est nécessaire pour générer efficacement une séparation de jet symétrique axiale est élevé ;

- l'injection secondaire passive qui met en oeuvre une ventilation de la tuyère n'est opérationnelle que dans une gamme limitée de pression différentielle, ce qui implique que pour obtenir une tuyère qui fonctionne à toutes les altitudes, sa porosité doit être continument variable en fonction de la pression extérieure et des paramètres fonctionnels du moteur, ce qui est difficilement compatible avec les contraintes de réalisation de la tuyère.

Un des inconvénients des injections secondaires à symétrie axiale, telle que par exemple celle décrite dans le brevet américain précité, est que dans certaines conditions de fonctionnement du moteur, la séparation de jet commence en un point aléatoire de l'anneau d'injection, et dont la position, qui dépend des perturbations en amont, est instable.

Un objet de l'invention est de proposer un système de contrôle de séparation, notamment par injection secondaire qui évite une telle instabilité.

Un autre objet de l'invention est de réduire les efforts instationnaires appliqués aux tuyères et donc de réduire la résistance mécanique requise pour les tuyères et les bâti-moteurs, ce qui permet de réduire leur masse.

Un autre objet de l'invention est de permettre l'installation sur les moteurs fusée utilisés depuis le

sol, de tuyères à taux de détente plus élevé et donc d'autoriser une amélioration globale de la performance de ces moteurs.

Un autre objet de l'invention est de minimiser
5 le flux total d'injection secondaire nécessaire pour obtenir une séparation stable.

Un autre objet de l'invention est de contrôler la séparation du jet lors de la mise à feu du moteur au sol.

10 Un autre objet de l'invention est de pouvoir faciliter le contrôle de la séparation de jet en fonction de l'altitude.

Au moins un des objets précités de la présente invention est atteint par une tuyère de moteur fusée
15 comportant un système de contrôle de séparation de jet, caractérisé en ce que ledit système de contrôle présente une pluralité d'éléments de déclenchement de séparation disposés de manière à générer à partir de points d'initiation espacés les uns des autres, des zones
20 distinctes de séparation de jet, pour former une séparation tridimensionnelle de l'écoulement.

Selon une première variante, l'invention concerne une tuyère d'éjection pour moteur-fusée présentant un dispositif d'injection de fluide à travers
25 une paroi de la tuyère, pour induire une séparation de jet dans les gaz éjectés par la tuyère, dans laquelle le système de contrôle est un dispositif d'injection de fluide qui présente dans au moins une section d'injection perpendiculaire à l'axe de la tuyère, au moins deux
30 orifices d'injection indépendants répartis sur le pourtour de la paroi de la tuyère, chaque orifice d'injection constituant un dit élément de déclenchement

de séparation induisant une dite zone distincte de séparation de jet.

Selon l'invention, chaque élément de déclenchement de séparation, par exemple chaque orifice d'injection initie et maintient localement la séparation
5 du jet, ce qui remédie à l'instabilité précitée. Cette disposition est essentiellement différente de celle qui est décrite dans le brevet américain précité, pour laquelle les orifices d'injection sont étroitement
10 répartis sur le pourtour de la tuyère pour générer une séparation de flux invariant selon toute rotation de l'axe de la tuyère, et dont le fonctionnement est équivalent à celui d'un anneau présentant une fente continue s'étendant sur toute la circonférence de la
15 tuyère.

Il est avantageux que les orifices d'injection, par exemple au nombre de deux ou bien encore au nombre de trois, soient uniformément répartis sur le pourtour de la paroi de la tuyère. Ceci permet d'éviter
20 dans une large mesure l'apparition de forces transversales appliquées à la tuyère.

Ladite section d'injection est avantageusement disposée à une distance D du col de la tuyère qui est sensiblement inférieure à la distance D_0 de séparation
25 spontanée du jet.

Ladite section de tuyère est choisie de préférence à un niveau où la pression statique P du jet est sensiblement supérieure à la pression de séparation naturelle du jet P_{sep} , par exemple $P = 2 P_{sep}$.

30 Un dispositif d'injection peut présenter une pluralité de sections d'injection situées à des distances différentes du col, et un dispositif de répartition pour

alimenter l'une ou l'autre des sections d'injection, de manière à tenir compte, de manière connue en soi, de la variation en fonction de l'altitude de la section où se produit une dite séparation spontanée du jet.

5 Selon un mode de réalisation permettant de contrôler la séparation de jet lors de la mise en feu du moteur au sol, le système de contrôle de l'écoulement présente un dispositif externe de stabilisation solidaire d'une installation au sol et qui présente d'une part, un
10 nombre $N(N \geq 2)$ de tubes d'injection (par exemple parallèles à l'axe de la tuyère) dont chacun constitue un dit élément de déclenchement de séparation, et qui sont répartis, de préférence en aval de la tuyère, de manière à diriger à contre-courant du flux principal de la tuyère
15 des jets de fluide de stabilisation vers N points d'impact situés en aval du col de la tuyère et d'autre part, un dispositif d'alimentation des tubes d'injection pour les alimenter en fluide pendant une durée transitoire prédéterminée de mise à feu avant un
20 décollage, avec un débit suffisant pour que chaque point d'impact induise une zone différente de séparation de jet de la tuyère.

Les tubes d'injection sont de préférence disposés au débouché de la sortie de la tuyère.

25 Les points d'injection de l'injecteur du dispositif externe de stabilisation sont de préférence uniformément répartis sur le pourtour de la paroi de la tuyère. Ils sont avantageusement au nombre de deux (diamétralement opposés) ou trois (répartis à 120°
30 environ sur le pourtour de la tuyère).

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la

description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif en liaison avec les dessins ci-annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente un dispositif pour la
5 mise en oeuvre de la présente invention ;

- et la figure 2 représente un dispositif additionnel selon la présente invention qui est mise en oeuvre pendant le démarrage du moteur.

Comme le montre la figure 1, une tuyère,
10 désignée par le repère général 1, présente une chambre de combustion 2, un col 3, et un corps de tuyère divergent 4 qui se termine par une section de sortie 8.

Sur le pourtour du divergent 4 de la tuyère, et dans une section 7 située dans un plan,
15 perpendiculaire à l'axe de la tuyère, où la pression statique de jet P est sensiblement supérieure à la pression de séparation P_{sep} de la tuyère, sont disposées des orifices d'injection 5 aptes à diriger radialement vers l'intérieur un jet d'un fluide, par exemple les gaz
20 de combustion provenant des turbo-pompes du moteur.

La séparation du flux qui est générée par ces orifices 5, ne présente pas une symétrie axiale, mais au contraire elle est tri-dimensionnelle. En effet, chacun des points d'injection 5, représentés ici au nombre de
25 trois et répartis uniformément à 120° autour du contour du corps 4 de la tuyère, induit une région de séparation 6 du flux sortant de la tuyère. Du fait de la détermination d'un nombre limité de points d'injection 5 qui induisent un nombre égal de régions de séparation 6,
30 la position des points de séparation initial n'est pas indéterminée et ceci permet de résoudre le problème de l'instabilité.

En outre, en raison de la répartition uniforme des points d'injection 5 autour de la circonférence du corps 4 de tuyère dans le plan 7, la résultante des forces latérales qui sont exercées sur la tuyère et qui, dans l'art antérieur est instable, reste voisine de l'axe de la tuyère.

La section dans laquelle est réalisée l'injection est choisie de manière à être légèrement inférieure, à la section à laquelle une séparation de flux spontanée serait susceptible de se produire à basse altitude.

Le dispositif décrit permet d'obtenir une séparation tri-dimensionnelle présentant une pluralité de régions séparées 6 qui peuvent être éventuellement se rejoindre en aval en direction de la sortie 8 de la tuyère.

En théorie, le nombre de points d'injection 5 pourrait être seulement égal à 2 pour permettre de maintenir une poussée symétrique pour la tuyère. Le nombre de trois points d'injection 5 semble cependant être un choix préférable pour éviter la séparation accidentelle de la moitié de la tuyère qui pourrait intervenir lors de la mise à feu.

D'autre part, un nombre plus élevé que trois points d'injection peut être envisagé, mais ceci n'apporte pas d'avantage appréciable. En tout état de cause, le nombre et l'espacement des points d'injection doit être choisi de manière à éviter toute continuité de la séparation de jet, qui reviendrait en fait aux conditions de fonctionnement équivalentes à celle d'un anneau uniforme (voir le brevet américain US 3 925 982 précité).

Le fonctionnement de l'invention peut s'expliquer de la manière suivante :

Les gaz qui sont générés dans la chambre de combustion 2 à haute pression sont, après passage dans le
5 col 3, soumis à une expansion dans la tuyère d'éjection 4 et la pression statique diminue en même temps que le jet se dirige vers la sortie 8 de la tuyère.

Lors du fonctionnement d'un moteur-fusée à la pression statique qui règne au niveau de la mer, et sans
10 mettre en oeuvre l'injection secondaire, dès que la pression statique du jet se rapproche de la pression normale de séparation, le jet dans la tuyère est susceptible de se séparer spontanément, mais une telle séparation est instable et apparaît dans un lieu
15 aléatoire d'une section du corps de la tuyère 4, ce qui peut créer des forces non stationnaires considérables .

Les orifices 5 d'injection qui dirigent radialement vers l'intérieur un flux secondaire selon l'invention créent localement un obstacle au jet
20 principal, ce qui crée une onde de choc en forme d'arc pour le jet supersonique incident. Cette zone de choc en forme d'arc interagit avec la couche limite, dans laquelle elle crée une augmentation de pression juste en amont du point d'injection 5 ce qui induit aux points 9
25 une séparation locale de la couche limite. Etant donné que la couche limite était déjà dans des conditions dans laquelle elle était proche d'une séparation spontanée, le jet de la tuyère ne peut pas se rattacher à la paroi du corps 4 et la séparation de la couche limite se développe
30 pour adopter pour chaque point d'injection 5 une configuration conique comme le montre le dessin en pointillé des régions de séparation 6 à la figure 1. Le

sommet des cônes 6 est constitué par les points 9 d'initiation de la séparation de jet. Les trois points d'injection 5 créent à partir des points d'initiation 9 trois cônes 6 substantiellement identiques qui sont susceptibles de se rejoindre en aval pour former un jet entièrement séparé à la sortie 8 de la tuyère.

Etant donné que les points d'initiation 9 où se produisent les séparations de jet sont imposés géométriquement par la position des trois points d'injection 5, la symétrie de révolution est rompue et les points 9 d'initiation de la séparation sont stables dans le temps. Les chocs qui sont créés dus à la séparation de la couche limite vis-à-vis de la paroi du corps 4 restent également localisés et les vibrations résiduelles dues à ces chocs sont de faible amplitude, de même que les forces instationnaires résiduelles.

En outre, le flux injecté qui est nécessaire à réaliser la séparation selon l'invention est en principe plus faible que dans le cas d'une injection secondaire à symétrie axiale de l'art antérieur. En effet une telle injection de l'art antérieur met en oeuvre un grand nombre d'orifices le long d'une section circulaire de la tuyère. La séparation du jet nécessite localement à chacun de ces nombreux orifices le même débit minimum que chacun des quelques orifices utilisés selon la présente invention. Dans la présente invention, la séparation, qui n'est réalisée qu'à partir des points d'initiation 9 localisés, tend ensuite à s'auto-propager le long de la périphérie de la tuyère au fur et à mesure que les cônes 6 s'élargissent et se rejoignent.

Le procédé selon l'invention est particulièrement intéressant pour les moteurs présentant

un générateur de gaz. Un tel moteur présente des turbo-pompes qui délivrent des gaz chauds à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Le moteur Vulcain est de ce type. Les gaz de la turbine du moteur Vulcain 1
5 sont renvoyés à l'extérieur du moteur. Sur le moteur Vulcain 2, des tuyaux sont déjà installés pour réinjecter les gaz de sortie de turbine dans le divergent 4 avec une distribution uniforme le long d'une section de la tuyère, afin de refroidir le divergent, mais sans pour autant
10 réaliser un contrôle de séparation de jet.

Ces gaz peuvent être réinjectés en quelques points seulement dans le corps divergent 4 de la tuyère pour réaliser une séparation de jet selon l'invention.

La présente invention peut être adaptée au
15 moteur Vulcain 2 avec des modifications minimales. Il suffit de modifier l'anneau d'injection pour qu'il présente par exemple trois points d'injection 5 au lieu d'une distribution uniforme d'injection. En outre, le divergent de tuyère 4, qui présente actuellement pour le
20 moteur Vulcain 2 un rapport de section R égal à 60 pour une impulsion spécifique de 433 secondes, pourrait être remplacé par un divergent présentant un rapport de section R de l'ordre de 140. La fonction de refroidissement par film pourrait être remplacée par un
25 refroidissement radiatif, grâce à une extension de tuyère carbone-carbone connue en soi.

Pour le moteur Vulcain 2, la valeur de P_{sep} est de l'ordre de 0,22 bar et l'emplacement recommandé pour placer les points d'injection 5 est la section pour
30 laquelle la pression est égale à 0,4 bar. Ceci correspond à un nombre de Mach de 4 et un rapport de section R de 26 environ. L'emplacement n'est pas très différent de

l'emplacement actuel de l'anneau d'injection. L'augmentation espérée de l'impulsion spécifique est de l'ordre de 12 secondes.

Avec l'altitude, l'emplacement de la section
5 source où se produit la séparation naturelle de jet migre progressivement vers l'aval au fur et à mesure de la pression externe décrit décroît.

En outre, en dehors de l'atmosphère, l'injection secondaire ne présente aucun intérêt, et
10 pénalisé même les performances du moteur.

Une procédure minimale est de désactiver l'injection secondaire lorsque la fusée quitte l'atmosphère. Sur le moteur Vulcain 2, il suffit d'ajouter une valve qui commute d'un mode d'injection
15 locale à un mode distribué (refroidissement par film).

Une autre solution est de disposer des points d'injection 5 différents qui sont activés en succession de manière à optimiser à chaque instant le fonctionnement de la tuyère. Une solution de ce type a déjà été
20 proposée, mais pour une injection en anneaux continus par le brevet US 3 925 982 précité.

La mise à feu du moteur constitue une phase délicate au cours de laquelle des transitoires de pression sont susceptibles d'exister. Il est donc
25 souhaitable de minimiser les dissymétries de pression importantes qui sont susceptibles de se produire et qui sont susceptibles d'engendrer un niveau de contrainte élevé dans la tuyère. Le cas théoriquement le plus défavorable est celui pour lequel le jet de la tuyère est
30 momentanément entièrement attaché à la paroi sur une moitié de la tuyère et entièrement séparé sur l'autre moitié de celle-ci.

Du fait de la violence des instationnarités des écoulements lors de la mise en route d'un moteur-fusée, il est préférable, lors de cette mise en route, d'utiliser un autre mode de réalisation qui va être
5 décrit ci-après.

En effet, il est possible de résoudre le problème avec une injection d'un fluide de contrôle pendant le temps très court de mise en route du moteur, qui est de l'ordre d'une seconde. Le point d'impact du
10 fluide injecté est proche du col 3 de la tuyère, par exemple à une distance du col 3 de l'ordre de $0,1 D_1$, D_1 désignant la longueur du corps de la tuyère 4, étant donné que la pression de la chambre est plus faible que lorsque le moteur est à plein régime.

Enfin, étant donné que le jet n'est pas
15 organisé, une stabilisation du système nécessite une injection massive de fluide.

Le dispositif de stabilisation au démarrage est représenté à la figure 2. Il met en oeuvre une
20 pluralité de tubes d'injection 10 parallèles ou non à l'axe de la tuyère et disposés en aval de la sortie de tuyère 8 et dirigés vers des points d'impact 12. Ces tubes 10 propagent à contre-courant du flux principal des jets de fluide 11, dont les points d'impact 12 sont
25 situés légèrement en aval du col 3 de la tuyère, par exemple à une distance du col 3 égale à $0,1 D_1$. Ces points d'impact 12 répartis de manière uniforme à une même distance du col 3 de la tuyère produisent un effet similaire à celui des points d'injection 5, avec
30 cependant la différence que le fluide, par exemple de l'azote liquide, qui est projeté crée une séparation à chaque point d'impact 12 par un effet d'entraînement de

masse le long de la couche limite. Les points de séparation des gaz chaud du jet de la tuyère sont stables en raison de l'existence des points d'impacts 12. Il est avantageux de réaliser cette injection avec de l'azote liquide, du fait que le débit d'injection à contre-courant peut être très élevé (par exemple 30 kg/s pour chaque point d'injection pour le moteur Vulcain 2) pendant le court instant qui s'avère nécessaire. En outre, l'azote liquide est transformé en gaz lorsqu'il rencontre les gaz chauds en provenance de la chambre de combustion 12, ce qui fait que le flux massique ainsi ajouté de manière artificielle aide à réduire le phénomène de séparation spontanée. Dès que la pleine poussée s'est établie, le jet d'azote ne pénètre plus dans le corps de la tuyère et il n'a plus d'influence sur le fonctionnement du moteur. Le dispositif de stabilisation est un dispositif au sol que l'on dispose en général en aval de la sortie 8 de la tuyère et qui ne nécessite aucune modification du moteur ou du lanceur. Il est susceptible d'être utilisé avec des tuyères qui présentent ou non un dispositif d'injection tel que représenté à la figure 1.

L'invention ne se limite pas aux exemples de réalisation décrits. En particulier, la séparation de jet pourrait être initiée par exemple à partir d'une pluralité d'inserts rétractables en matériau réfractaire introduits radialement dans la paroi de la tuyère.

REVENDICATIONS

1. Tuyère de moteur fusée comportant un système de contrôle de séparation de jet de l'écoulement dans la tuyère, caractérisé en ce que ledit système de
5 contrôle présente une pluralité d'éléments de déclenchement de séparation (5, 10) disposés de manière à générer, à partir de points d'initiation (9) espacés les uns des autres, des zones distinctes (6) de séparation de jet, pour former une séparation tridimensionnelle de
10 l'écoulement.

2. Tuyère selon la revendication 1, caractérisée en ce que le système de contrôle de l'écoulement présente un dispositif d'injection de fluide à travers une paroi de la tuyère, qui présente, dans au
15 moins une section d'injection sensiblement perpendiculaire à l'axe de la tuyère, au moins deux orifices d'injection (5) indépendants répartis sur le pourtour de la paroi de la tuyère, chaque orifice d'injection (5) constituant un dit élément de
20 déclenchement de séparation induisant une dite zone (6) distincte de séparation de jet.

3. Tuyère selon la revendication 2, caractérisé en ce que les orifices d'injection (5) sont uniformément répartis sur le pourtour de la paroi de la
25 tuyère (4).

4. Tuyère selon la revendication 3, caractérisé en ce que les orifices d'injection (5) sont au nombre de deux et sont diamétralement opposés.

5. Tuyère selon la revendication 3, caractérisé en ce que les orifices d'injection (5) sont
30 au nombre de 3 et sont disposés à sensiblement 120° les uns des autres sur le pourtour de la tuyère (4).

6. Tuyère selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite section d'injection est disposée à une distance D du col (3) de la tuyère qui est sensiblement inférieure à la distance
5 Do de séparation spontanée du flux.

7. Tuyère selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif d'injection présente une pluralité d'injecteurs (5) situés à des distances D différentes, et un dispositif de répartition pour
10 alimenter l'un ou l'autre desdites sections d'injection (5), de manière à tenir compte de la variation de ladite distance Do en fonction de l'altitude.

8. Tuyère selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le système de contrôle
15 de l'écoulement présente un dispositif externe de stabilisation solidaire d'une installation au sol et qui présente, d'une part, un nombre $N(N \geq 2)$ de tubes d'injection (10) dont chacun constitue un dit élément de déclenchement de séparation, et qui sont répartis, de
20 préférence en aval de la tuyère (4), de manière à diriger à contre-courant du flux principal de la tuyère un flux fluide de stabilisation vers N points d'impact (12) situés en aval du col (3) de la tuyère (4), et d'autre part, un dispositif d'alimentation (AL) des tubes
25 d'injection (10) pour les alimenter en fluide pendant une durée transitoire prédéterminée de mise à feu avant un décollage, avec un débit suffisant pour que chaque point d'impact (12) induise une zone différente de séparation de jet de la tuyère.

30 9 Tuyère selon la revendication 8, caractérisé en ce que les tubes d'injection (10) sont parallèles à l'axe de la tuyère.

10. Tuyère selon une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que les tubes d'injection (10) sont disposés au débouché de la sortie (8) de tuyère (4).

5 11. Tuyère selon une des revendications 8 à 10 caractérisé en ce que les points d'impact (12) du dispositif externe de stabilisation sont uniformément répartis sur le pourtour de la paroi de la tuyère.

10 12. Tuyère selon la revendication 11, caractérisé en ce que les points d'impact (12) du dispositif externe de stabilisation sont au nombre de deux et sont diamétralement opposés.

15 13. Tuyère selon la revendication 11, caractérisé en ce que les points d'impact (12) du dispositif externe sont au nombre de trois et sont disposés à sensiblement 120° les uns des autres sur le pourtour de la tuyère.

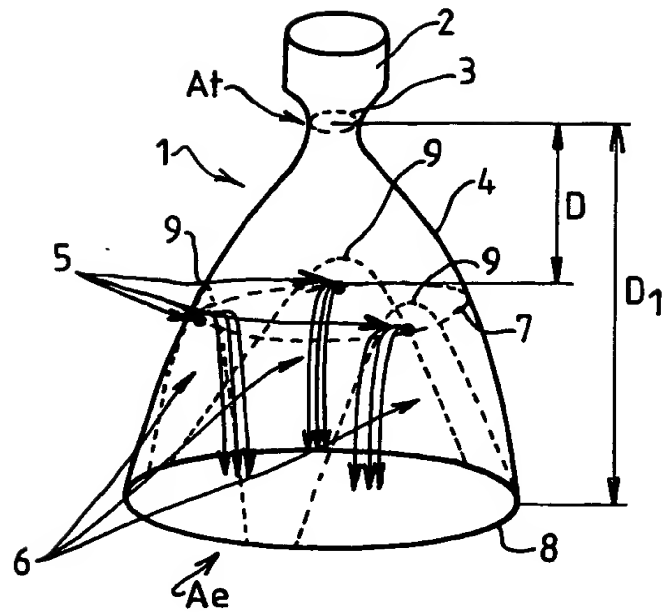


FIG. 1

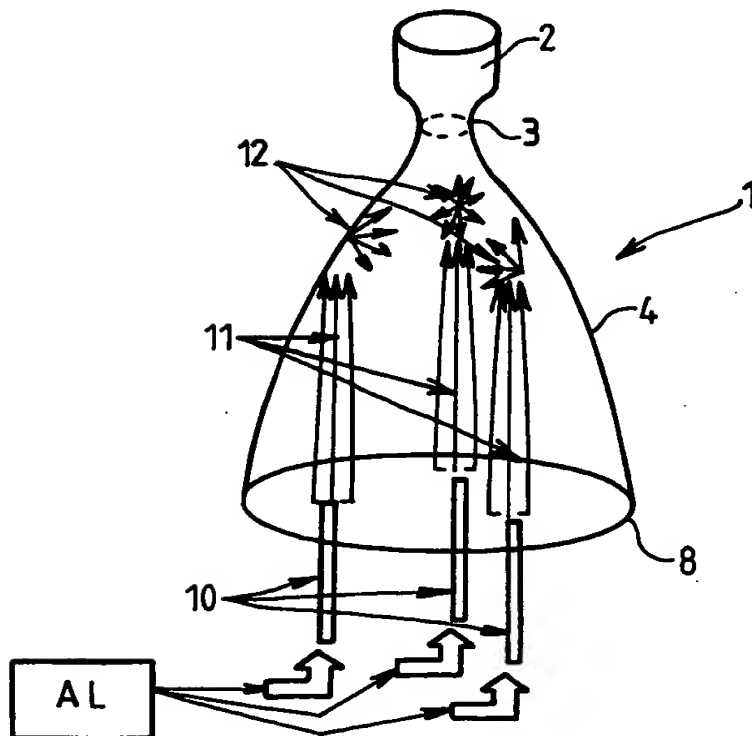


FIG. 2

THIS PAGE BLANK (USPTO)